Notices on the methodic of the digital gravity databases foundation in Ukraine

***Dubovenko Yu.I.** (*Institute of Geophysics after S.I. Subbotin name of NAS of Ukraine*)

РЕЗЮМЕ

There is postulated a renaissance of gravity surveys due to improvement on the accuracy of measurements and to the development of software for the processing and interpretation of gravimetry data. An adequate requirements to the modern geophysical practice are formulated on the optimal accuracy for the means of interpretation of the potential fields data. Main trends of reinterpretation of data being stored in the archives, are pointed out with the aim of creation a unified digital framework for the geophysical databases. The main problems there are the creation of high-speed solutions for digitization of maps and the creation of digital databases on modern OS platforms. A series of separate branches are generalized, justifying the creation of a new methodology for gravity (and other) databases for the territory of Ukraine. In particular, it is suggested as follows: for a database engine to use a PostgreSQL; for a method of digitizing paper maps – by A.I. Yakimchik technique (as an input for digitizing is not contour maps, but the measurements log (map of the field points being converted into the digital grid map of gravity anomalies); for a new standard of preprocessing of gravity data – the technique by Bychkov S.G. (needs to develop the own parameters for calculating of gravity amendments); to add to the standard set of maps for the interpretation the maps of the absolute values of the gravity field, and for this reason to change the Instructions on gravity surveys on 1980; to combine together in a united public interface the complementary data on the areas of research; to change not the secrecy bar on gravity data, but the concept of intellectual property: to replace competition within the access to measurements data by the competition on the results of data interpretation.

Замечания о методологии создания цифровых баз данных гравиметрии в Украине

***Дубовенко Ю.И.** (*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины*)

РЕЗЮМЕ

Постулирован ренессанс гравиразведки вследствие повышения точности измерений и развития программ обработки и интерпретации данных гравиметрии. Сформулированы адекватные современной геофизической практике требования по оптимальности и точности к средствам интерпретации данных потенциальных полей. Указаны основные направления переинтерпретации данных, находящихся в архивах, с целью создания единой цифровой основы для геофизических баз данных. Главной проблемой является создания скоростных решений для оцифровки карт и создание цифровых баз данных на современных платформах. Обобщён ряд отдельных направлений, обосновывающих новую методологию для создания гравиметрических (и других) баз данных для территории Украины. В частности, предложено: в качестве ядра базы данных использовать СУБД PostgreSQL; в качестве способа оцифровки бумажных карт – способ А.И Якимчика (в качестве исходной информации для оцифровки не карты изолиний, а журнал измерений (карта фактажа – в цифровую грид-карту аномалий); в качестве нового стандарта первичной обработки гравиметрических данных – способ Бычкова С.Г. (разработать параметры расчёта гравиметрических поправок); добавить в стандартный комплект карт для интерпретации карты абсолютных значений поля силы тяжести, для чего изменить Инструкцию по гравиразведке от 1980 г.; объединить в одном открытом интерфейсе взаимодополняющие данные по участкам исследований; изменить не гриф секретности, а понятие интеллектуальной собственности: заменить конкуренцию в доступе к *данным* измерений конкуренцией *результатов* интерпретации данных.

Замітки щодо методології створення цифрових баз даних гравіметрії в Україні

***Дубовенко Ю.І.** (*Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України*)

РЕЗЮМЕ

Постульовано ренесанс гравірозвідки внаслідок підвищення точності вимірювань і розвитку програм обробки та інтерпретації даних гравіметрії. Сформульовано адекватні сучасній геофізичній практиці вимоги з оптимальності і точності щодо засобів інтерпретації даних потенціальних полів. Вказані основні напрямки переінтерпретації даних, що знаходяться в архівах, з метою створення єдиної цифрової основи для геофізичних баз даних. Головною проблемою є створення швидкісних рішень для оцифрування карт і створення цифрових баз даних на сучасних платформах. Узагальнено ряд окремих напрямків, які обґрунтовують нову методологію для створення гравіметричних (та інших) баз даних для території України. Зокрема, запропоновано: як ядро баз даних використовувати СУБД PostgreSQL; як спосіб оцифрування паперових карт – спосіб А.І. Якимчика (як вихідна інформація для оцифрування – не карти ізоліній, а журнал вимірювань (карту фактажу – в цифрову грід-карту аномалій); як новий стандарт первинної обробки гравіметричних даних – спосіб Бичкова С .Г. (розробити свої параметри розрахунку гравіметричних поправок); додати в стандартний комплект карт для інтерпретації карти абсолютних значень поля сили тяжіння, для чого змінити Інструкцію з гравірозвідки з 1980 р.; об’єднати в одному відкритому інтерфейсі взаємодоповнюючі дані по ділянках досліджень; змінити не гриф секретності, а поняття інтелектуальної власності: замінити конкуренцію у доступі до даних вимірів конкуренцією результатів інтерпретації даних.

Введение. После почти двух десятилетий упадка, вызванного резким сокращением объёма полевых сьёмок и развитием мобильных методов приповерхностной геофизики, гравиразведка снова переживает определённый подъём. Он вызван переориентацией заказов на геологоразведку с государственного в частный сектор геофизики, вследствие новых общественных отношений. Частные компании предъявляют повышенные требования к оптимальной по затратам методике (за *минимум* времени выполнить *максимум* работ *приемлемого качества*) и точности (разрешающей способности) *измерений*. Современная зарубежная аппаратура и проверенные временем методики измерений адекватны современным требованиям к получению данных.

Но такие же требования по оптимальности и точности предъявляют и к средствам *интерпретации* данных потенциальных полей в современной геофизической практике, в частности:

1. высокая *точность*, технологичность (расширяемость, совместимость форматов) и мобильность (работа в разных конфигурациях “железа” и программного обеспечения) алгоритмов и программ;
2. адаптация математических моделей поля к реалиям измерений: заданию исходных измерений на коротких профилях или в нерегулярных сетях наблюдений;
3. адаптация математических моделей геологической среды к реалиям её строения: сложному (нелинейному и неоднородному) состоянию структур, дисперсии физических свойств.

Ввиду наличия в архивах огромного объёма измерений второй половины XX ст. приемлемого качества, много внимания уделяется вопросам их переинтерпретации. Но, вследствие повышенных требований к точности и эффективности интерпретации, переработка больших объёмов гравиметрических данных требует:

1. инкорпорации новых *численных методов* и моделей [1-4] для интерпретации данных гравиметрии;
2. введения нового базиса гравиметрии и изменения существующих *стандартов* предобработки [6-7];
3. использования новых *способов* подготовки цифровых карт и баз данных [8-9];
4. внедрения новых представлений исходных данных [10].

Все указанные направления совершенствования методов обработки данных потенциальных полей находятся на разной степени развития. Все они развиваются с прицелом на создание цифровых аналитических моделей поля и геологической среды, ориентированных на применение в пакетах ГИС (визуальная модель интерактивной интерпретации). Для создания единой цифровой основы для геофизических баз данных нужно превратить хранящиеся в архивах бумажные карты в разных редукциях в цифровую форму, но с учётом указанных выше требований. Ввиду изложенного, проблема создания скоростных недорогих решений для оцифровки картографического наследия предыдущей эпохи развития геофизики и создание цифровых баз данных на современных программных платформах не потеряла своей актуальности.

Обобщение и предобработка исходных данных. Здесь мы предлагаем серию обобщений, обосновывающих потребность в разработке новой методологии для создания многокомпонентных баз данных геолого-геофизической информации для территории Украины. Но далее имеются в виду данные гравиметрии, как наиболее близкие автору сообщения.

1. Итак, в качестве ядра базы данных вполне можно использовать PostgreSQL, согласно анализу [11].

2. В качестве процедуры оцифровки бумажных карт – технологию [8], которая использует в качестве исходной информации до начала оцифровки не обычные карты изолиний, а новый тип цифровой информации в виде электронного журнала измерений. Здесь переводится не бумажная карта изолиний в такую же цифровую карту изолиний, со всеми ее ошибками и проблемами, а карта фактажа (рис. 1.) – в цифровую грид-карту аномалий, готовую к обработке в среде специализированных пакетов программ. Поправка только на то, что со времени публикации [8], ввиду прогресса ГИС-технологий, рекомендуется заменить используемые там проприетарные программы на open-source [5, 9], и эту же тенденцию к open-source основанию средств обработки следует заложить в стратегию дальнейшего развития проекта баз данных.

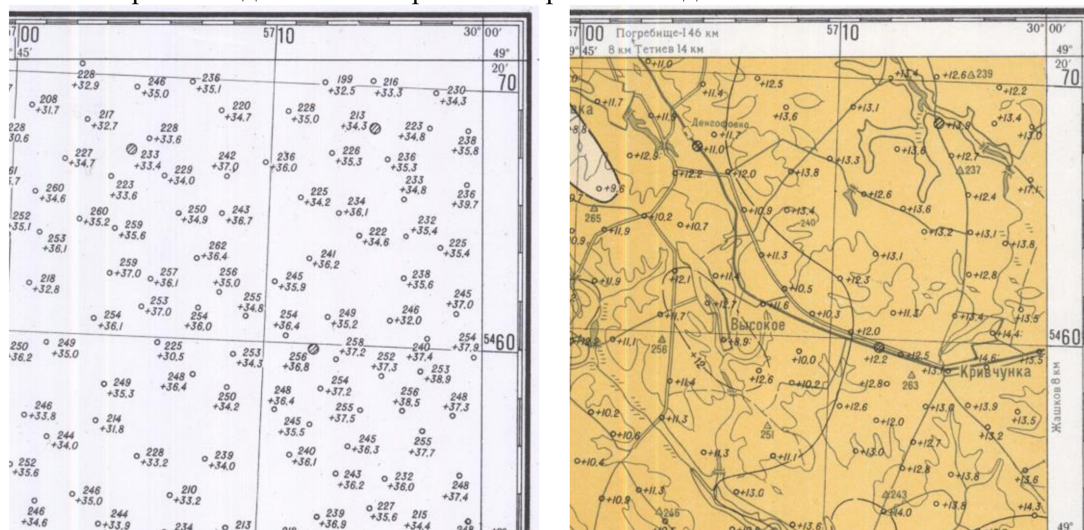


Рис. 1. *Фрагмент гравиметрической карты СССР М-35-XXX масштаба 1:200000: слева – высоты пунктов наблюдений, справа – аномалии Буге (σ = 2.3 г/см^3).*

3. В качестве новых стандартов редуцирования и первичной обработки гравиметрических данных ввиду возросшей точности и детальности исследований с учётом поправок за кривизну слоя, рельеф местности и косвенные эффекты, следует принять точку зрения Бычкова С.Г. [6], и устранить стереотипы в вычислениях аномалий силы тяжести при создании цифровых баз данных. При этом следует сразу разработать для основных структурных зон территории Украины свои параметры расчёта гравиметрических поправок по новым стандартам, взяв во внимание существующие наработки (рис. 2), а также изменить соответствующим образом Инструкцию по гравиразведке от 1980 г.

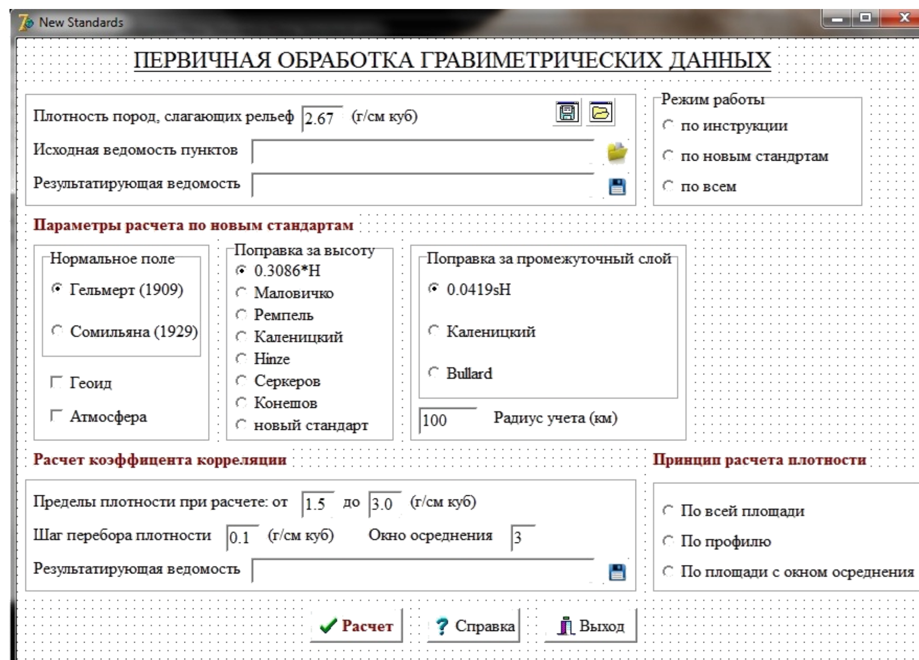


Рис. 2. *Интерфейс программы New Standards для предобработки гравиметрических измерений (Бычков С.Г., Симанов А.А. и др.).*

4. Следующее обобщение, также требующее изменения положений Инструкцию по гравиразведке от 1980 г., содержится в сообщении [10]. Здесь обосновано использование карты абсолютных значений поля силы тяжести $g_{набл}$ масштаба 1:1000 000, созданной для территории Украины усилиями ряда украинских НИИ. Само создание этой карты на базисе надёжной высотной цифровой основы дневной поверхности (созданной в НИИ геодезии и картографии в виде таблиц значений высот в Балтийской системе отсчёта) ярко свидетельствует в пользу создания единого центра данных в сети интернет. Имея подобную основу, путём пересчёта по формуле Гельмерта на регулярной матрице по данным сводной карты аномалий Буге ($\sigma = 2.3.$ г/см^3) масштаба 1:200 000 из комплекта карт Геофизической основы для Тектонической карты Украины масштаба 1:1000 000 создана сама карта абсолютных значений $g_{набл}$ и ряд трансформант (рис. 3). Теперь, чтобы получить уточнённую карту, либо карты трансформант поля, достаточно изменить формулу пересчёта либо параметры эллипсоида в интерфейсе базы данных.

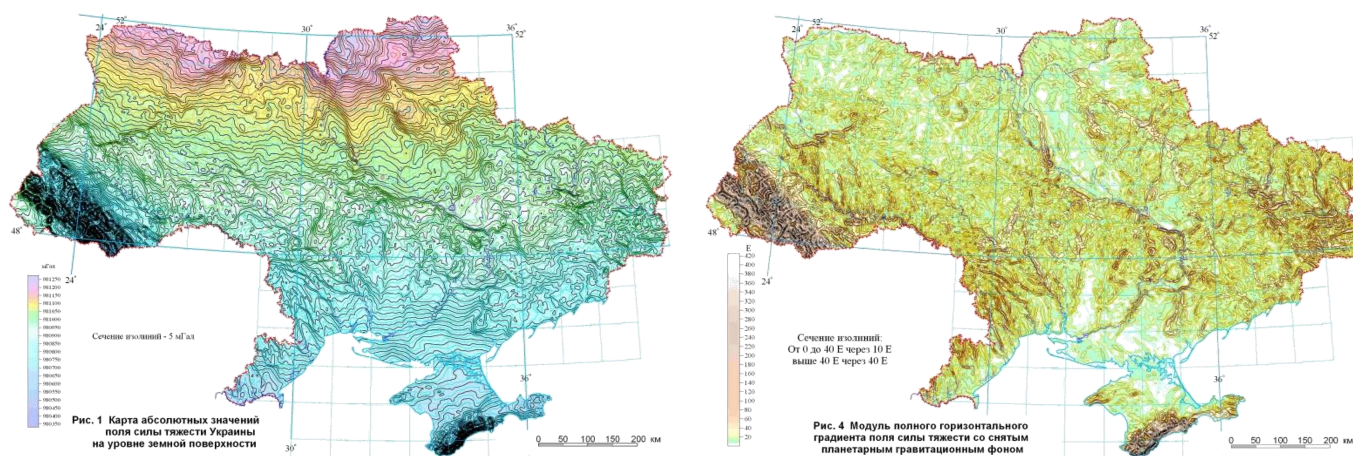


Рис. 3. *Карты абсолютных значений силы тяжести (слева) и её модуля полного горизонтального градиента (справа) со снятым планетарным фоном [10].*

5. Следующее обобщение касается понятия универсальности баз данных: данные измерений имеют наивысшую эффективность в сочетании с данными других методов и средств обработки. Поэтому целесообразно накапливать в едином интерфейсе не только данные измерений, но и наборы карт, каталоги параметров пород и проб, схемы экспериментов, описания методов и матрицы (рабочие форматы) результатов обработки. Ключевой момент – они должны быть доступны для каждого сертифицированного специалиста отрасли, незави-

симо от места выполнения запроса. Это означает, что создавать подобные базы знаний целесообразно в виде тематических порталов с набором карт, алгоритмов и программ. Примеры такой открытости данных есть как в близком, так и в дальнем зарубежье, а в Украине имеется только несколько узкоотраслевых баз данных, недоступных для широкого потребителя.

6. Информационный кризис достиг и наук о Земле, что требует систематизации и обобщения знаний. Смена парадигм в пределах одного поколения актуализирует потребность в дистанционном взаимодействии между исследователями и производством для взаимообмена идей, средств, навыков (символьной математики, цифровой картографии, ГИС, численной оптимизации, визуализации). Такое взаимодействие можно наладить путём создания *интерактивных* баз знаний на основе *открытых* тематических интернет-порталов, какие объединяют теоретические методы, численные алгоритмы, программы и базы данных для основных геофизических направлений – от гравиметрии до ядерной геофизики. Создавать такие базы знаний можно исключительно на основе единой междисциплинарной государственной программы.

Основным наполнением таких порталов должны стать цифровые базы данных (карт) потенциальных геофизических полей. На их основе объединённые дистанционными цифровыми технологиями виртуальные коллективы учёных разных организаций могут создавать цифровые модели геологической среды, как для сугубо научных, так и промышленных потребностей.

7. Важное следствие, вытекающее из этого обобщения, состоит в том, что нужно не просто упразднить гриф секретности, довлеющий над гравиметрическими материалами (сейчас он сменен на гриф ДСП, но получить конкретную выборку от этого легче не стало). Нужно вообще переформулировать понятие интеллектуальной собственности: защищать авторским правом не исходные данные измерений, а результат их интеллектуальной обработки. При этом результатом считается *рабочий файл данных* конкретного программного средства, а не конечный файл иллюстрации.

Выводы и предложения. Необходима значительная трансформация методики обработки высокоточных гравиметрических данных с учётом современных требований к точности интерпретации и современных данных о геоиде и рельефе Земли.

1. В частности, для надёжного прогноза опасных геологических и техногенных явлений, кроме теории и программ, нужен массив данных высокой точности, получаемых из мониторинга геофизических полей на постоянных геофизических полигонах. Отдельные звенья (сейсмическое, магнитное) есть, но – без единого национального центра данных. В гравиметрии подобные базы данных имеют разрозненный региональный характер и недоступны для специалистов. Ввиду отсутствия разведочных работ начать создание цифровых баз данных стоит путём оцифровки и переинтерпретации архивных материалов.

2. Для этого следует кардинально изменить *условия доступа* к материалам сьёмок и внедрить в стандарт подготовки данных новую методику оцифровки геофизических данных на основе грид-карт пунктов измерений, а не изолиний, новые способы редуцирования аномалий и новые компоненты гравитационного поля.

3. Ключевые тенденции развития геофизики – социальные (коммерциализация, кооперация), технологические (сайтизация, мультиметодные вычисления), методологические (геопривязка, управляемая интерполяция, типизация моделей) – требуют создания открытых банков и баз данных. Полученные научные результаты (аналитические методы, цифровые модели и базы данных, иллюстрации) целесообразно давать в *открытый* доступ – для научного сообщества и (само) обучения специалистов и студентов.

4. Существующая конкуренция в доступе к *исходным данным* геофизических измерений глубоко порочна, она целесообразна лишь в сфере распределения *результатов* интерпретации данных. Нужно пересмотреть содержание интеллектуальной собственности: декларировать его не на *первичные данные* съёмок (журналы рейсов, матрицы данных), а на результаты их *обработки* (карты редукций и трансформаций поля и т.п.).

5. Изменение методологии моделирования сложных геофизических процессов [12] на основе цифровых баз данных требует постепенной трансформации геофизического образования в Украине, в частности, разработки новых дисциплин, форм обучения.

Литература

1. *Дубовенко Ю.И.* Об определении погрешностей гравиметрических трансформаций // Геофиз. журн. – 2011. – **33**, № 1. – С. 136–146.
2. *Дубовенко Ю.И.* О трансформациях гравиполя с помощью задачи Алексидзе / XI Уральская молод. науч. школа по геофизике, 15–19 марта 2010 г., Екатеринбург. Сб. докл. – Екатеринбург, 2010. – С. 104–107.
3. *Дубовенко Ю.И., Черная О.А.* О выборе нулевого приближения при определении сложного контакта // Геофиз. журн. – 2013. – **35**, № 1. – С. 159–178.
4. *Дубовенко Ю.И.* Об определении плотностных неоднородностей в классе Сретенского / XV Уральская молод. науч. школа по геофизике, 24–29 марта 2014 г., Екатеринбург. Сб. докл. – Екатеринбург, 2014. – С. 84–86.

5. *Дубовенко Ю.І.* Про нові принципи створення цифрових баз даних у гравіметрії / Інтеграція геопросторових даних у дослідженнях природних ресурсів, 27–28 лист. 2014 р., Київ: Матер. міжн. наук. конф. – Київ, 2014. – С. 17–20.
6. *Бычков С.Г., Симанов А.А*. Пути повышения информативности гравиметрических данных / XI Межд. конф. по геоинформатике: Теоретические и прикладные аспекты, 14-17 мая 2012 г., Киев, Карбон Лтд, 2012. – С. 14643. – CD.
7. *Hinze W.J., Aiken C., Brozena J. et al*. New standards for reducing gravity data: The North American gravity database // Geophysics. – 2005. – 70, № 4. – Pp. J25–J32.
8. *Якимчик А.И*. Технология оцифровки карт фактического материала на основе программного обеспечения MapInfo Professional и CorelDraw // Геофиз .журн. – 2010. – 32, № 3. – С. 112–124.
9. *Якимчик А.И*. Об автоматизированной обработке карт аномалий силы тяжести масштаба 1:200000 с использованием ГИС-технологий / XI Межд. конф. по геоинформатике: Теоретические и прикладные аспекты, 14-17 мая 2012 г., Киев, Карбон Лтд, 2012. – С. 3534. – CD.
10. *Ентин В*.А, *Гуськов С.И., Орлюк М.И., Гинтов О.Б., Осьмак Р.В*. Карта абсолютных значений поля силы тяжести Украины и некоторые аспекты ее возможной интерпретации // Геофиз .журн. – 2015. – 38, № 1. – С. 35–47.
11. *Дзюба О.В., Демидов В.К., Данилов А.В*. Порівняльна характеристика систем управління базами даних з метою побудови сервера геологічної бази даних / XI Межд. конф. по геоинформатике: Теоретические и прикладные аспекты, 14-17 мая 2012 г., Киев, Карбон Лтд, 2012. – С. 3584. – CD.
12. *Николаев А.В.* Черты геофизики XXI века. – Москва: Наука, 2003. – С. 7–12.